MYCOFLORE SPONTANÉE DES PAILLES DE BLÉ

par J. PELHATE* et E. AGOSIN**

RÉSUMÉ. — Le contrôle systématique de pailles de blé a révélé la présence d'un important cortège d'une centaine d'espèces généralement observées sur les substrats végétaux récoltés à l'état sec, en zone tempérée. Les critères de fréquence et d'abondance ont permis de sélectionner un groupe restreint de champignons ubiquistes et cosmopolites : cette flore primaire relève, en réalité, de deux catégories écologiques : la flore du champ (avec notamment *Alternaria tenuissima, Epicoccum nigrum, Fusarium culmorum* ...), la flore intermédiaire (avec *Cladosporium cladosporioides* et levures ...). La flore de stockage, plutôt sporadique au moment de la récolte, ne se développera qu'en cours de conservation et sous des conditions favorables.

La flore, dans son ensemble, reste latente dans les conditions habituelles de siccité soit une teneur en eau inférieure à 10 % (de la substance humide); en cas contraire, elle évolue selon une dynamique comparable à celle de la flore des foins, produits récoltés plus ou moins humides et conservés dans des conditions très variables.

Une telle flore complexe, éventuellement toxinogène, constitue un risque dans l'optique d'une valorisation alimentaire des pailles par voie biologique.

SUMMARY. — Systematically sampling of the wheat straw microflora has revealed about one hundred species commonly present on dry lignocellulose material harvested in temperate zones. Frequency and abundance parameters define a restricted series of ubiquitous and cosmopolitan fungi; these constitute a primary flora divided into two ecological types : field fungi (such as *Alternaria tenuissima, Epicoccum nigrum, Fusarium culmorum*...), intrermediate fungi (*Cladosporium cladosporioides* and yeasts ...), and storage fungi which develop essentially after harvesting but the presence of which remains sporadic.

The total flora remains latent on normal dried materials; conversely, in the case of damp conditioned straws, the flora develops along lines similar to those observed with hay in various wilting and storing conditions.

The numerous competitive and conditionally toxigenous fungi associated with straw constitute a risk if the material is modified biologically for feed purposes.

MOTS CLÉS : Mycoflore saprophyte, blé, pailles, chaumes, céréales, phylloplan.

* Laboratoire d'Agrobiologie, Faculté des Sciences et Techniques, Avenue Le Gorgeu, 29283 Brest Cédex, France.

** Laboratoire de Microbiologie, Institut National Agronomique, 9, rue de l'Arbalète, 85231 Paris Cédex 05, France.

CRYPTOGAMIE, MYCOLOGIE *(Cryptogamie, Mycol.)* TOME 6 (1985).

INTRODUCTION

La présente étude a été envisagée dans l'optique appliquée de la valorisation nutritionnelle des pailles de céréales et à des fins énergétiques. L'objectif a déjà suscité divers procédés fondés sur des traitements physiques ou chimiques. La biodégradation contrôlée du substrat ligno-cellulosique par l'ensemencement d'espèces fongiques, notamment de Basidiomycètes agents de «pourriture blanche», représente une autre approche originale du problème (KIRK & MOORE, 1972; ZADRAZIL, 1977); plus précisément, il a été montré, par des essais au laboratoire, que la digestibilité de pailles de blé était grandement accrue par incubation en aérobiose (AGOSIN & ODIER, 1984).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. – ÉCHANTILLONNAGE

108 échantillons provenant de la ferme de l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon, à Thiverval, Ile-de-France, ont été analysés. Ces pailles proviennent de parcelles expérimentales de l'année 1983. Chaque échantillon résulte du mélange de chaumes récoltés sur 3 parcelles (ou plus) de 180 m^2 ayant subi le même traitement. Ainsi serons-nous conduits, pour interprétation comparée d'inventaires floristiques, à considérer quelques critères déterminants tels que : variété de blé, conditions culturales (substrat, fumure organique, densité de semis, traitement fongicide). Les échantillons ont été, par ailleurs, soumis à des conditions identiques – et présumées optimales – de récolte et de stockage (environ 6 mois de stockage en un local sec et aéré).

Parallèlement, une vingtaine d'échantillons prélevés sur des lots très différents par leur provenance, par les conditions de récolte et de conservation ont été observés; le plus souvent, ils ont été suspectés en raison de leur envahissement manifeste par des moisissures.

2. – TECHNIQUES D'ISOLEMENT

– Préparation préalable des échantillons :

Environ 15 g de chaumes avec les gaines foliaires qui y restent fixées sont broyés (40 mesh), dans un broyeur à billes, avant analyse.

– Méthode «qualitative» d'isolement :

Elle constitue une approche fidèle de l'inventaire et consiste en l'ensemencement direct, par saupoudrage, des pailles broyées sur milieux gélosés, répartis en boîtes de Pétri.

– Méthode «quantitative» de numération de «germes» :

La technique très classique de numération de germes a été utilisée : 1 g de paille broyée est mis en suspension dans 200 ml d'eau physiologique stérile;

après dilutions décimales adéquates, 3 boîtes de Pétri par condition de milieu et d'incubation, sont ensemencées (1 ml de suspension).

– Milieux de culture :

Le milieu de base utilisé est l'extrait de malt (2 %) gélosé. L'isolement sélectif des champignons est réalisé par addition d'antibiotiques soit l'association de pénicilline (30.000 UI/l) et de streptomycine (40 mg/l); l'inventaire différentiel des espèces osmophiles est précisé par l'addition de chlorure de sodium (6 %). Les bactéries – aérobies totales – sont détectées sur «gélose dénombrement» éventuellement additionnée de cycloheximide (0,4 g/l) pour limiter la croissance des levures (aux colonies parfois convergentes).

– Incubation :

Deux températures d'incubation ont été retenues :

- 22°C pour les espèces actives ou simplement présentes sur chaumes et susceptibles de se développer aux températures ambiantes moyennes;
- 35°C pour les contaminants thermopréférants, qu'ils soient exprimés sur les lots altérés après «échauffement» ou qu'ils soient à l'état latent.

– Observation et identification des cultures :

Les contrôles sont évidemment graduels et répétés selon les températures d'incubation, les taux de croissance ou les sporulations très spécifiques, les inévitables compétitions corrélatives d'un dynamisme des flores ... (PELHATE, 1968 a).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. – PAILLES NON ALTÉRÉES
(récolte et conservation présumées optimales)

– Inventaire floristique :

Les divers relevés conduisent à une liste d'environ 100 espèces (Tableau 1). On peut alors s'interroger sur l'originalité de cet important cortège. Il manque, en effet, les données bibliographiques susceptibles de confirmer les présents recensements; et, lorsque des relevés sont rapportés, ils concernent des pailles soumises à des conditions écologiques particulières ou à des contraintes technologiques qui dévient ou réduisent le cortège; telles sont notamment :

▪ les pailles de composts, essentiellement colonisées par des agents thermophiles ou thermotolérants (FERGUS, 1964; CHANG & HUDSON, 1967; CAILLEUX, 1973; MOUBASHER & al., 1982 a, b).

▪ les pailles en voie d'humidification (POSADSKAYA & al., 1976; MISHRA & al., 1979; WANI & SHINDE, 1980).

Quant aux chaumes d'autres graminées, ils recèlent, pour partie du moins, une flore spécifique (WEBSTER, 1956, 1957; HUDSON & WEBSTER, 1958).

Tableau 1 – Liste récapitulative et répartition statistique des espèces.

L'inventaire porte sur 108 échantillons de paille.

L'énumération des espèces suit les grandes lignes de la classification (classes et ordres) puis l'ordre alphabétique des genres; *Aspergillus* spp. et *Penicillium* spp. sont considérés parallèlement aux autres hyphales.

Les espèces sont alors réparties en 3 catégories écologiques : flores du champ (C), intermédiaire (I) ou de stockage (S) : colonne Ec; elles sont ensuite affectées d'un indice de Fréquence (% d'échantillons comportant chacune de ces espèces) : colonne Fr; enfin, cette Fréquence cumulée est distribuée en classes répondant comme suit au critère d'abondance (nombre moyen de germes/g de produit).

Table 1 – Recapitulative list and statistical distribution of species.

The detection of species concerns 108 samples of straw.

The enumeration is in conformity with the outlines of the classification (classes and orders) and genera in alphabetical order; *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. are mentioned apart in hyphales.

Species are divided into 3 ecological types : field (C), intermediate (I) or storage (S) flora noted in column Ec; then Frequency (% of affected samples) is noted in column Fr; this total frequency is distributed into classes according to the following abundance criterion (average number of germs/g) as indicated in the following diagram.

N. germes/g Count germs/g	0	10	100	1000 . . .
Expression log. 10 log. 10 figures	0,	1,	2,	. . .
colonnes columns	F_0	F_1	F_2	. . .

	Ec	Fr	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
ZYGOMYCETES								
Mucorales								
Absidia corymbifera (Cohn) Sacc. et Trott.	I	12	12					
Actinomucor elegans (Eidam) Benj. et Hesselt.	I	9	9					
Mucor circinelloides van Tiegh. (*griseo-cyanus*) Schipper	I	5	5					
Mucor hiemalis Wehmer	I	33	21	8	4			
Mucor mucedo (L.) Brefeld	I	2	2					
Mucor racemosus Fresenius	I	11	10	1				
Rhizomucor pusillus (Lindt) Schipper	I	4	4					
Rhizopus stolonifer (Ehrenb. ex Fr.) Lind.	I	68	31	10	15	12		
Syncephalastrum racemosum (Cohn) Schr.	I	3	3					
BASIDIOMYCETES								
LEVURES p. p.								
Candida, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Tilletiopsis* — v. Deuteromycetes Hyphales 3								
Mycélium stérile : Indéterminé(s)	I	27	9	18				

	Ec	Fr	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
ASCOMYCETES								
Endomycétales (LEVURES p. p.)								
Endomycopsis sp. Dekker	I	$\geqslant 20$	$\geqslant 3$	6	8	3		
Hansenula anomala (Hans.) Syd.	I	$\geqslant 10$	$\geqslant 10$					
Eurotiales								
Eurotium, Emericella v. *Aspergillus*								
Eupenicillium v. *Penicillium*								
Microascales								
Chaetomium elatum Kunze	I	18	2	3	12	1		
Chaetomium funicola Cooke	I	5	1	4				
Chaetomium globosum Kunze	I	8	1	2	5			
Helotiales								
Botryotinia (= *Sclerotinia* p. p.) v. *Botrytis* - Deutéromycètes - Hyphales 3								
Sphaeriales								
Apiospora montagnei Sacc.	C	14	8	5	1			
Gibberella v. *Fusarium*								
Khuskia oryzae Hudson	C	9	2	4	3			
Sordaria fimicola (Rob.) Ces. et de Not.	I	3	3					
Dothidéales								
Mycosphaerella v. *Cladosporium* - Deutéromycètes - Hyphales 3								
Pléosporales								
Cochliobolus sativus (Ito et Kurib.) Drechsler	C	7	7					
Pleospora v. *Stemphylium* - Deutéromycète - Hyphales 3								
DEUTÉROMYCETES								
Sphaeropsidales								
Phoma glomerata (Corda) Wollenw.	C	6	5	1				
Hyphales 1. *Aspergillus*								
A. amstelodami (Mangin) Thom et Church v. *A.* gr. *glaucus*								
A. candidus Link	S	6	6					
A. flavus Link	S	8	6					
A. fumigatus Fres.	S	11	6	3	2			
A. gr. *glaucus* : *A. repens* + *A. amstelodami* + *A. ruber* . . .	*S*	*18*	6	4	7	1		
A. nidulans (Eidam) Wint	S	4	4					
A. niger Van Tieghem	S	16	12	2	2			
A. ochraceus Wilhelm	S	7	7					
A. repens (Corda) de Bary v. *A.* gr. *glaucus*								
A. ruber (Konig, Spieck. et Brem.) Thom et Church v. *A.* gr. *glaucus*								
A. tamarii Kita	S	4	4					
A. terreus Thom	S	2	2					
A. versicolor (Vuill.) Tiraboschi	S	14	12	2				
Hyphales 2. *Penicillium*								
P. brevi-compactum Dierckx	S	14	13	1				
P. canescens Sopp	S	9	9					
P. chrysogenum Thom	S	11	8	3				
P. corylophilum Dierckx	S	14	12	2				

	Ec	Fr	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
P. cyclopium Westl.	(S)	47	26	3	14	4		
P. frequentans Westl.	S	14	12	2				
P. funiculosum Thom	S	13	11	2				
P. granulatum Bainier	S	12	7	4	1			
P. janthinellum Biourge	S	10	8	2				
P. lanosum Westl.	S	6	5	1				
P. lanoso-coeruleum Thom	S	7	4	2	1			
P. lanoso-griseum Thom	S	8	6	2				
P. oxalicum Currie et Thom	S	12	10	2				
P. pulvillorum Turfitt	S	14	9	3	2			
P. purpurogenum Stoll	S	6	6					
P. raistrickii Smith	S	15	9	4	2			
P. rubrum Stoll	S	8	8					
P. simplicissimum (Oud.) Thom	S	11	9	2				
P. spinulosum Thom	S	14	8	3	3			
P. stoloniferum Thom	S	28	19	6	2	1		
P. thomii Maire	S	14	11	2	1			
P. variabile Sopp	S	12	9	3				
P. velutinum Van Beyma	S	6	6					
P. verruculosum Peyronel	S	4	4					
P. waksmani Zaleski	S	8	7	1				
Hyphales 3. Divers								
Acremoniella atra (Corda) Sacc.	I	10	9	1				
Acremonium strictum W. Gams	?	84	21	12	14	18	15	3
Acremonium sp.	?	12	–	1	6	4	1	
Alternaria alternata (Fr.) Keiss.	I	22	22					
Alternaria tenuissima (Fr.) Wiltshire	C	100	–	–	21	79		
Aureobasidium pullulans (de Bary) Arnaud	I	⩾25	⩾9	7	5	4		
Botrytis cinerea Persoon	C	8	8					
Botryotrichum piluliferum Sacc. et Marchal	I	1	1					
Candida krusei (Cast) Berkh.	I	10	–	10				
Cladosporium cladosporioides (Fr.) de Vries + *C. herbarum* Link ex Fr.	I	100	–	–	45	48	7	
Doratomyces stemonitis (Pers. ex Fr.) Mort. et Sm.	I	⩾10	⩾9	1				
Epicoccum nigrum Link	C	91	5	9	31	46		
Fusarium avenaceum (Corda ex Fr.) Sacc.	C	10	6	4				
Fusarium culmorum (W.G. Smith) Sacc.	C	42	6	11	17	8		
Fusarium oxysporum Schlecht.	C	4	2	2				
Fusarium poae (Peck) Woll.	C	17	6	9	2			
Fusarium solani Mart. (Appel et Wollenw.)	C	8	7	1				
Gliocladium roseum (Link) Bainier	I	6	4	1	1			
Gonatobotrys simplex Corda	I	14	7	5	2			
Hyalodendron album (Dowson) Diddens	I	20	8	12				
Paecilomyces variotii Bainier	S	8	8					
Rhodotorula rubra (Dem.) Lodder	I	⩾30	–	⩾5	22	3		
Scopulariopsis brevicaulis (Sacc.) Bainier	S	12	11	1				
Scopulariopsis fusca Zach	S	2	–	2				
Sporobolomyces roseus Kluy. et van Niel	I	100	–	–	57	31	12	
Stachybotrys chartarum (Ehrenb. ex Link.) Hughes	I	1	–	1				
Stemphylium botryosum Wallr.	I	6	6					
Tilletiopsis minor Nyland	I	⩾25	⩾2	9	14			
Trichoderma harzianum Rifai + *T. koningii* Oud. + *T. viride* Pers. ex Fr.	I	⩾12	⩾2	2	7	1		

	Ec	Fr	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
Trichothecium roseum Link	I	24	5	3	3	9	4	
Verticillium lecanii (Zimm.) Viégas	I	22	1	1	4	12	3	1
Verticillium tenerum (Nees ex Pers.) Link	I	2	2					
Wallemia sebi (Fr.) v. Arx	S	9	–	–	2	5	2	
Hyphales 4. Mycelia sterilia								
Rhizoctonia cerealis van der Hoeven	C	4	4					
Indéterminé(s)	?	≠50	≠25	20	5			

BACTÉRIES (aérobies)	Ec	Fr	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Erwinia herbicola (Geilinger) Dye + ...	I	100	–	–	–	17	71	12
Streptomyces spp. (gr. *albus* et gr. *griseus*)	S	⩾10	⩾9	1				

Dès lors, il est nécessaire de sélectionner, parmi les nombreuses espèces recensées, un groupe restreint plus caractéristique. Ce choix est d'abord fondé sur la distinction de 3 types écologiques bien connus sur d'autres matériels végétaux : flores du champ, intermédiaire et de stockage, respectivement (PELHATE, 1968 a). En première approximation, il apparaît, en appliquant conjointement les critères de présence et d'abondance, que les deux premiers types sont largement dominants; c'est ce que le diagramme de la Figure 1 met en évidence; cette observation est en accord avec les résultats de nombreuses études concernant les «phylloplans» ou microflores foliicoles (BELL, 1974; PUGH, 1974; PUGH & BUCKLEY, 1971; COLLINS, 1976; DICKINSON, 1976). Il s'agit d'espèces primaires, à comportement ubiquiste et cosmopolites (de zone tempérée) qui colonisent l'appareil végétatif des plantes, très souvent à la faveur d'une sénescence progressive et ascendante; c'est du moins le cas des saprophytes primaires classés dans la flore intermédiaire (*Cladosporium* spp., *Aureobasidium pullulans* et diverses levures ...), tandis que la flore du champ, à tendance parasitaire et plus spécifique (*Alternaria tenuissima*, *Fusarium* spp., *Epicoccum nigrum*) peut les devancer. Il en résulte une grande analogie des cortèges floristiques avec ceux des grains (MACHACEK & al., 1951; SAPONARO & MADALUNI, 1959; PELHATE, 1968 a; WALLACE, 1973); cette ressemblance, déjà signalée (FLANNIGAN, 1969), résulte du fait que l'appareil végétatif de la plante représente le nécessaire relais dans la contamination progressive aboutissant à l'appareil reproducteur et au caryopse (PONCHET, 1966; FLANNIGAN, 1974; HESSELTINE & BOTHAST, 1977; PELHATE, 1979); de plus, l'état physiologique respectif des chaumes et des grains converge au cours de la maturation qui se traduit essentiellement par la dessication progressive des deux autres types d'organes.

Mention complémentaire doit être faite des espèces de stockage qui, théoriquement, n'interviennent pas avant récolte (TUITE, 1959; PELHATE, 1968 b). Il n'empêche que la dissémination essentiellement anémophile de ces espèces

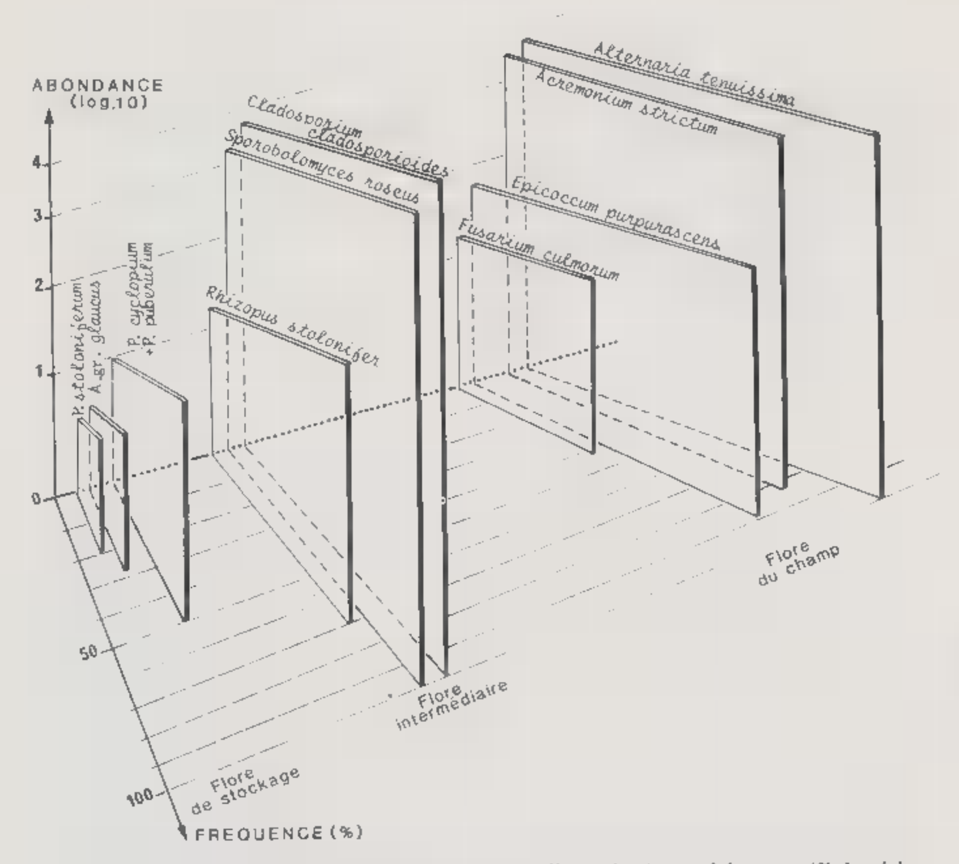


Fig. 1. – Espèces essentielles de la mycoflore des pailles. Abscisses : fréquence (% des échantillons contaminés par chaque espèce. Ordonnées : abondance (expression logarithmique, par défaut, des numérations moyennes).

Fig. 1. – Important species of the straw mycoflora. Read, respectively, frequency figures (% of contamined samples by every species) and abundance ones (logarithmic average germ counts).

(KRAMER & al., 1960) entraîne, à l'époque de maturation et de récolte, une certaine pollution, d'ailleurs variable avec la nature des plantes (JAMES & al., 1946; TUITE, 1961; PELHATE, 1979). Finalement, cette flore potentielle pourra évoluer rapidement, dès que la reprise d'eau par le substrat «sec» atteindra un seuil minimal spécifique. C'est pourquoi les pailles pourront encore, à l'instar des grains, subir des dégradations plus ou moins importantes au cours de la conservation.

Enfin, les bactéries aérobies, au rôle si important dans la dynamique des cortèges, sont globalement mentionnées dans les relevés, en marge des champignons.

– Facteurs de diversification des cortèges floristiques :

+ Incidence variétale

Précisons, tout d'abord, que la variété «Cappelle» est plus tardive que «Talent», elle-même plus tardive que «Top». Or, les différences observées dans les relevés quantitatifs (Tableau 2) concernent, par ordre de signification décroissante : *Cladosporium cladosporioides*, levures diverses, *Epicoccum nigrum* et *Fusarium culmorum*. Le développement de cette dernière espèce est manifestement favorisé par la sénescence anticipée des plantes, corrélative du facteur précocité variétale.

Tableau 2. – Incidence variétale sur la flore. Les résultats de contrôles quantitatifs (nombres moyens de germes/g), portés sur 2 lignes, correspondent à 2 répétitions de l'essai.

Table 2. – Varietal incidence on the flora. Results of quantitative controls (average counts of germs/g), written down in 2 lines, correspond to 2 repeated experiments.

Variétés	Cappelle	Talent	Top
Échantillons n^{os}	1	2	3
Principales espèces	13	14	15
FLORE DU CHAMP			
Acremonium strictum	1.500 120.000	500 2.500	120.000 8.000
Alternaria tenuissima + *A. alternata*	8.000 8.000	12.000 30.000	18.000 25.000
Epicoccum nigrum	1.750 250	4.500 5.000	15.000 8.000
Fusarium culmorum	120 800	250 2.000	350 1.750
FLORE INTERMÉDIAIRE			
Cladosporium cladosporioides + *C. herbarum*	150.000 75.000	1,2MM 50.000	8MM 200.000
Trichoderma viride	« 2.000	– «	– «
Trichothecium roseum	« –	– –	– –
Verticillium lecanii	120.000 «	10.000 «	15.000 «
LEVURES : *Sporobolomyces roseus* + *Rhodotorula rubra*	15.000 15.000	40.000 25.000	120.000 25.000
FLORE DE STOCKAGE			
Aspergillus gr. glaucus	40 –	120 «	« –
Penicillium cyclopium	25 500	« 350	« 200
BACTÉRIES : *Erwinia herbicola* +...	20MM 40MM	15MM 60MM	50MM 50MM

« traces; MM = 1.000.000.

Il est, par contre, plus difficile d'expliquer le comportement fluctuant d'espèces parfois très abondantes telles que : *Acremonium strictum*, à impact plus ou moins régional et localisé comme observé, parallèlement, sur maïs (PELHATE, 1981) et *Verticillium lecanii*, deux mycoparasites associés à d'autres composantes de la flore primaire (Mac KENZIE & HUDSON, 1976).

Le développement plus marqué du *Trichoderma viride* et du *Penicillium cyclopium* sur «Cappelle», la simple présence, mais exclusive, du *Trichothecium roseum* sur cette même variété tardive, trouveraient une justification dans la maturation moins régulière des pailles et, de ce fait, l'existence de foyers de croissance ou de sporulation pour ces espèces.

Enfin, certains élements restent pratiquement constants : *Alternaria tenuissima* et *A. alternata*, bactéries (essentiellement représentées par *Erwinia herbicola*); cette stabilité relative peut être le résultat d'un équilibre biologique précisément entre champignons et bactéries.

+ Influence du substrat : fumure azotée (minérale et organique)

Les résultats présentés au Tableau 3 correspondent à l'un des essais les plus représentatifs.

Tableau 3. — Influence du substrat : fumure azotée (minérale et organique). La fumure azotée provient de deux apports : fraction organique sous forme de fumier, apport minéral à deux doses. Précisons que le blé a été cultivé depuis 3 ans sur la parcelle.

Table 3. — Influence of substratum : nitrogen (inorganic or organic fertilization). Nitrogen fertilization stems for two sources : manure as organic part, inorganic part in two doses. It is pointed out that wheat has been grown on the field for 3 years.

	azote minéral (unités/ha)	
	150	120
	avec fumier	sans fumier
Espèces principales	Échantillon n° 55	Échantillon n° 56
FLORE DU CHAMP		
Acremonium strictum	«	60.000
Alternaria tenuissima + *A. alternata*	60.000	25.000
Epicoccum nigrum	1.500	800
Fusarium culmorum	120	150
FLORE INTERMÉDIAIRE		
Cladosporium cladosporioides	15.000	55.000
Rhizopus stolonifer	«	«
Trichothecium roseum	1.200	–
Verticillium lecanii	8.000	«
FLORE DE STOCKAGE		
Penicillium cyclopium	«	750
BACTÉRIES : *Erwinia herbicola* + . . .	125MM	45MM

« traces; MM = 1.000.000.

L'azote constitue l'élément trophique par excellence et les effets «avec» ou «sans» azote frappent toujours par le comportement différentiel des plantes et, *a fortiori*, dans le cas présent d'un blé en monoculture. On peut alors estimer que l'apport d'azote, régularisé par les deux formes complémentaires, assure, pour l'essai n° 55, une végétation plus soutenue et une sénescence différée de l'appareil végétatif par comparaison avec l'essai n° 56 n'ayant reçu qu'une fumure réduite et pouvant présenter une sénescence basifuge. Il s'en suit un grand développement de *Cladosporium cladosporioides* et *Acremonium strictum* sur l'essai n° 56 mais un comportement inverse pour *Alternaria* spp., *Epicoccum nigrum* et, aussi, pour les bactéries.

Peut-on, en outre, considérer les espèces exclusives d'un seul échantillon comme les plus caractéristiques du déterminisme recherché ? L'«effet» *Trichothecium roseum* se renouvelle et appelle la même interprétation que pour l'essai variétal, à savoir : différence de précocité apparente résultant de la surfumure azotée qui entraîne un retard de végétation. Le *Verticillium lecanii*, essentiellement mycoparasite mais très faible compétiteur, est vraisemblablement inhibé dans l'essai n° 56, par les espèces à haut niveau de contamination (*Acremonium strictum* et *Cladosporium cladosporioides*). Le comportement des *Penicillium* spp. est plus difficile à interpréter, sinon par la concurrence bactérienne.

Le présent essai appellerait donc la répétition pour confirmation des observations.

+ Incidence du substrat : matière organique résiduelle (enfouissement ou non des pailles)

Tableau 4. – Incidence du substrat : matière organique résiduelle (enfouissement ou non des pailles. La variété «Cappelle» (3 répétitions) est cultivée après maïs dont les chaumes ont été récoltés ou, au contraire, laissés sur le champ et enfouis par labour précédant le semis de blé.

Table 4. – Incidence of substratum : residual organic matter (from ploughed in straw or not). The «Cappelle» cultivar (3 repetitions) is grown after maize, the culms of which have been removed or, on the contrary, ploughed in the ground before wheat sowing.

	pailles enlevées			pailles enfouies		
Échantillons n^os^ / Espèces principales	1	13	25	4	16	28
FLORE DU CHAMP						
Acremonium strictum	*1.500*	120.000	2.500	150.000	1.500	«
Alternaria tenuissima + *A. alternata*	8.000	10.000	75.000	25.000	40.000	45.000
Epicoccum nigrum	1.750	250	2.000	1.600	1.200	2.500
Fusarium culmorum	*120*	*800*	*450*	*800*	*1.200*	*1.500*
FLORE INTERMÉDIAIRE						
Cladosporium cladosporioides	150.000	75.000	6.000	800.000	850.000	25.000
LEVURES diverses	25.000	5.000	120.000	«	7.500	12.000
BACTÉRIES (aérobies totales)	20MM	40MM	50MM	25MM	20MM	50MM

« traces; M = 1.000.000

La dispersion des résultats (Tableau 4), probablement par effet compensateur et tendance au nivellement de la pollution globale, n'autorise qu'une remarque attendue : l'essor privilégié du *Fusarium culmorum*, espèce bien connue pour son aptitude à subsister sur les débris végétaux à l'état actif (COOK & BRUEHL, 1968) ou à résister aux adversité de l'environnement sous forme de chlamydospores (SITTON & COOK, 1981). Ainsi, un inoculum important (COOK, 1970) et capable d'atteindre tous les organes de la plante, à tous les stades de développement est-il entretenu (CASSINI, 1967); de surcroît, l'espèce présente une affinité particulière pour le maïs (PELHATE, 1979, 1981), ce dernier faisant partie intégrante de la rotation culturale.

+ Influence de la densité de semis

La densité de semis, même si elle est partiellement compensée par le tallage caractéristique de la céréale, se traduit par une concurrence nutritionnelle plus marquée ou effet de groupe entraînant une réduction de la taille des plantes et un raccourcicessement du cycle de développement (Tableau 5). Ainsi, on se retrouve dans un cas similaire à celui de l'effet précocité avec, pour conséquence, l'accroissement significatif des *Cladosporium* spp., du *Rhizopus stolonifer* et la relative atténuation des levures *(Sporobolomyces roseus)* et des bactéries. Ce dernier fait pourrait résulter de la concurrence entre ces deux entités, respectivement dominante et dominée, ou encore de l'effet direct d'une meilleure nutrition des plantes clairsemées, bénéfique pour les levures et bactéries. Le comportement apparemment inverse des deux mucorales est difficile à ex-

Tableau 5. – Influence de la densité de semis sur la flore. La densité correspond au nombre de semences/m^2. Les prélèvements proviennent de 3 répétitions.

Table 5. – Influence of the seed density on the flora. Density corresponds to seed number/m^2. Samples result from 3 repeated experiments.

Densité	150			350		
Échantillons n^{o}s	71	73	75	72	74	76
Espèces principales						
FLORE DU CHAMP						
Alternaria tenuissima + *A. alternata*	40.000	30.000	75.000	35.000	40.000	30.000
Epicoccum nigrum	1.200	2.000	2.500	3.000	4.000	2.000
FLORE INTERMÉDIAIRE						
Cladosporium cladosporioides + *C. herbarum*	8.000	6.000	12.000	55.000	30.000	25.000
Mucor hiemalis	150	750	120	50	«	«
Rhizopus stolonifer	150	250	«	2.500	12.500	750
LEVURES :						
Sporobolomyces roseus	40.000	120.000	55.000	15.000	35.000	25.000
BACTÉRIES (aérobies totales)	145MM	75MM	120MM	35MM	70MM	20MM

« traces; MM = 1.000.000.

pliquer : on observe que le *Rhizopus stolonifer* est accentué par la densité de semis alors que le *Mucor hiemalis* est favorisé par une faible densité; ce dernier cas pourrait être assimilé à celui du *Trichothecium roseum*, par le biais des irrégularités de la culture, et les décalages de maturité propres à créer des foyers de sporulation au sein de la récolte.

+ Répercussion du traitement fongicide en culture

Les effets du traitement sont spectaculaires comme il était prévisible pour des produits à large spectre d'activité. Notons d'abord la disparition quasi-totale du *Fusarium culmorum* qui était précisément visé, entre autres espèces parasite des chaumes; c'est ensuite, le *Cladosporium cladosporioides* et, à un degré moindre, l'*Epicoccum nigrum* et l'*Acremonium strictum* qui sont limités (Tableau 6).

Sans doute, l'efficacité des deux produits — bénomyl et dithiocarbamate — résulte-t-elle d'une complémentarité : action fongicide directe du produit systémique et action indirecte du second produit dont l'effet stimulant sur les plantes est connu avec, pour conséquence, la sénescence différée des organes végétatifs (DICKINSON, 1973).

Toutefois, bactéries et *Alternaria tenuissima* ne semblent guère affectés par le double traitement et *Sporobolomyces roseus* y résiste aussi quelque peu, contrairement aux autres levures.

Tableau 6. — Influence du traitement fongicide : bénomyl (300 g/ha) + manèbe (2 kg/ha). Le traitement consiste en pulvérisation foliaire. 3 répétitions de la variété «Top» cultivée dans la rotation blé/maïs.

Table 6. — Influence of the fungicidal treatment : benomyl (300 g/ha) + maneb (2 kg/ha). Treatment consists in leaf spraying. 3 repeated experiments with «Top» cultivar grown in wheat/maize rotation.

Échantillons nos / Espèces principales	sans fongicide			avec fongicide		
	3	15	27	9	21	33
FLORE DU CHAMP						
Acremonium strictum	120.000	8.000	800	«	«	10.000
Alternaria tenuissima + *A. alternata*	18.000	25.000	40.000	40.000	35.000	25.000
Epicoccum nigrum	15.000	8.000	1.500	750	500	500
Fusarium culmorum	*350*	1.750	750	«	—	—
FLORE INTERMÉDIAIRE						
Cladosporium cladosporioides	8MM	220.000	150.000	12.000	5.000	15.000
Verticillium lecanii	15.000	«	—	5.000	800	1.500
LEVURES : *Sporobolomyces roseus*	10.000	15.000	8.000	12.000	2.500	5.000
BACTÉRIES : *Erwinia herbicola*	50MM	50MM	25MM	75MM	50MM	60MM
+ actinomycètes	—	—	+	—	+	—

« traces; + présence non chiffrée; MM = 1.000.000.

Ces résultats concordent sensiblement avec des observations parallèles portant sur la flore de phylloplan (DICKINSON, 1973; DICKINSON & WALLACE, 1976); il faut alors préciser que, d'une part, l'*Alternaria tenuissima* a été isolé à l'état de mycélium interne (au niveau des chaumes finement broyés) et que, d'autre part, le *Sporobolomyces roseus* présente la particularité de coloniser les apex de plantes (LAST, 1955) et, par conséquent, tous organes à sénescence différée par le manèbe.

2. – PAILLES ALTÉRÉES, «MOISIES»

L'échantillon A ainsi que le suivant B ont été choisis parmi une vingtaine de prélèvements manifestement altérés par moisissures; ils représentent, au mieux, respectivement : des pailles insuffisamment séchées à la récolte, des pailles très altérées par «échauffement» en cours de conservation.

Dans le premier cas (échantillon A), la paille présentait, à la récolte, une teneur en eau trop élevée pour la stabilisation de sa flore épiphyte; certes, le stockage sous abri a permis une dessication mais trop lente et différée (16,5 % S. H. après 4 mois de stockage). De ce fait, la flore observée (Tableau 7) présente une grande analogie avec celle de foins récoltés humides (GREGORY & al., 1963; LE BARS & ESCOULA, 1973). Sa dynamique peut s'interpréter comme suit :

Dans un premier temps, la flore primaire (espèces du champ proprement dites et saprophytes intermédiaires) l'emporte en vertu de la «loi du premier occupant»; et plus précisément, cet essor précoce correspond à la sporulation d'espèces pré-installées, soit, notamment : *Alternaria* spp. et *Cladosporium cladosporioides* (dominantes respectives des deux types écologiques en cause), *Verticillium lecanii* en tant qu'hyperparasite des deux entités précédentes et, enfin, *Trichothecium roseum*, présumé caractéristique des substrats végétaux stockés à l'état immature.

Dans une seconde phase, la flore initiale, peu compétitive, est surpassée par les espèces de stockage mieux adaptées aux conditions changeantes de l'environnement (lente dessication du support et début d'échauffement), et, dès lors, plus compétitives; les *Aspergillus* du gr. *glaucus* sont les éléments privilégiés comme ils le sont, très généralement, sur foins, accompagnés ou non de *Wallemia sebi*, en raison d'une commune xérotolérance. On observe, ici, un équilibre très révélateur du biotope, entre les *Aspergillus* spp. (dont les *A.* gr. *glaucus*) et les *Penicillium* spp. (soit, essentiellement : *P. cyclopium* et *P. stoloniferum*); on peut, dans le cas présent, déduire que l'atténuation continue de la teneur en eau a commandé la succession régressive suivante : *Penicillium cyclopium* - *Penicillium stoloniferum* - *Aspergillus* spp. (autres que gr. *glaucus*) - *Aspergillus* gr. *glaucus*. Cette désorption hydrique lente et les substitutions d'espèces en chaîne qui en résultent ont permis d'éviter l'échauffement poussé du stock; une telle évolution régressive du cortège floristique a été interprétée de la même façon sur grains immatures et mise à profit dans les procédés de conservation (SPILLANE & PELHATE, 1978; PELHATE, 1982).

Tableau 7. – Mycoflore de pailles altérées. Échantillon A : «mal récolté» insuffisamment séché : teneur en eau de 16,5 % S. H. (substance humide après 4 mois de stockage en vrac, sous hangar. Échantillon B : «mal conservé» avec échauffement caractérisé après 1 mois de stockage à l'état de balles pressées; teneur en eau : 22,8 % S. H.

Table 7. – Mycoflora of decaying straws. Sample A : immature straw : water content 16,5 % w.w. after 4 months of bulk storage. Sample B : poorly stored with obvious heating after 1 month of storage in pressed balls; water content 22,8 % w.w.

Espèces principales	Échantillon A	Échantillon B
FLORE DU CHAMP		
Alternaria alternata + *A. tenuissima*	25.000	250
Botrytis cinerea	750	–
Epicoccum nigrum	1.800	«
Fusarium culmorum	450	«
Fusarium poae	1.500	–
Mycélium stérile (basidiomycète)	–	«
FLORE INTERMÉDIAIRE		
Absidia corymbifera	250	25.000
Actinomucor elegans	–	2.500
Cladosporium cladosporioides	35.000	«
Mucor hiemalis	1.200	–
Mucor racemosus	450	–
Rhizomucor pusillus	–	1.500
Rhizopus stolonifer	800	3.000
Trichothecium roseum	7.500	7.500
Verticillium lecanii	*15.000*	–
LEVURES : *Candida* sp. + ...	–	35.000
FLORE DE STOCKAGE		
Aspergillus candidus	–	3.000
Aspergillus flavus	250	18.000
Aspergillus gr. *glaucus (A. repens* +...)	125.000	
(A. amstelodami)		5.000
Aspergillus niger	250	–
Aspergillus versicolor	1.200	15.000
Penicillium cyclopium	15.000	4.500
Penicillium lanoso-coeruleum	2.500	–
Penicillium pulvillorum	250	–
Penicillium purpurogenum	–	1.200
Penicillium spinulosum	–	2.500
Penicillium stoloniferum	7.500	–
Scopulariopsis brevicaulis	–	6.000
Wallemia sebi	30.000	–
BACTÉRIES : *Erwinia herbicola* + *Pseudomonas* sp.	55MM	175MM
Actinomycètes	–	2,5MM

MM = 1.000.000; « traces.

A cette dynamique des moisissures correspond celle, plus monotone, des bactéries soit, essentiellement, les bactéries jaunes (type *Erwinia herbicola*) accompagnées de *Pseudomonas* spp.

Dans le second cas (Échantillon B), la paille récoltée immature – ou réhumidifiée par intempéries – a subi un échauffement marqué, consécutif à l'essor de la microflore. On peut alors, pour rendre compte du relevé actuel (Tableau 7), proposer la dynamique suivante :

La flore primaire avec *Alternaria* spp. et *Cladosporium cladosporioides*, pour ne citer que les entités majeures, a pu amorcer l'«échauffement» du stock mais elle a été rapidement supplantée par un cortège d'espèces thermopréférantes, mésophiles à hygrophiles, et passant insensiblement du stade «intermédiaire» au stade de «stockage». On retiendra, pour le premier type : les Mucorales (*Absidia corymbifera* et *Rhizomucor pusillus*) mais aussi les levures (*Candida* sp.), pour le second : *Aspergillus flavus, Aspergillus versicolor* et *Scopulariopsis brevicaulis,* par ordre d'importance décroissante. Quant aux autres espèces, moins performantes, on peut considérer que les *Penicillium (P. cyclopium, P. spinulosum)* sont en voie de régression, sans doute en raison de l'échauffement accentué, ainsi que les *Aspergillus* gr. *glaucus* (notamment *A. amstelodami*), à cause de leur faible compétitivité en condition trop humide. Inversement, l'*Aspergillus candidus* et, plus encore, l'*Aspergillus fumigatus* semblent en progression pour se retrouver dominants en fin de série dynamique. Rappelons, à ce titre, que l'*Aspergillus fumigatus* et le *Rhizomucor pusillus* sont respectivement thermopréférant et thermophile strict (COONEY & EMERSON, 1964).

Enfin, les bactéries ne cessent de se multiplier jusqu'à un seuil thermique notoirement élevé par l'interférence d'actinomycètes (GREGORY & al., 1963).

CONCLUSION

Les contrôles microbiologiques systématiques de pailles de blé conduisent à un imposant cortège de champignons; lequel est la résultante d'une dynamique impliquant d'abord une flore primaire très cosmopolite soit, plus précisément : «du champ» et «intermédiaire» selon le degré de parasitisme ou l'aptitude à subsister sur le substrat naturel, puis une flore secondaire d'attente ou flore «de stockage» dont l'interférence est plus dépendante des conditions écologiques réalisées en cours de conservation.

Il importe, en conséquence, de considérer cette flore potentielle comme une contrainte possible lors de toute utilisation des pailles, que ce soit en vue de leur humification ou, surtout, de leur valorisation par voie biologique en incubation contrôlée. Dans cette seconde optique d'utilisation alimentaire, déduisons la difficulté de maîtriser des cortèges floristiques aussi complexes et rappelons les risques provenant de certains contaminants fréquemment recensés et réputés pathogènes ou toxinogènes (LE BARS & ESCOULA, 1974; LACEY, 1975).

Il reste qu'une meilleure connaissance écologique des principales espèces inventoriées peut autoriser des déviations bénéfiques d'équilibre biologique; et, dans ce sens, il n'est pas indifférent de noter, sur un certain nombre d'échantillons de pailles bien conservées et présumées de bonne qualité, la présence de thalles stériles rapportés à la classe des basidiomycètes. Or, des espèces de ce groupe sont connues pour leur pouvoir lignolytique marqué; c'est pourquoi l'aptitude compétitive de telles espèces vis-à-vis des principaux contaminants spontanés des pailles est à l'étude.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Société Sanofi Santé Animale pour le financement qui nous a été octroyé et nous a permis de mener à terme le présent travail; nous sommes aussi très reconnaissants à M. TROIZET, de la ferme de Grignon (INRA, INAPG), qui nous a fourni la plupart des échantillons étudiés.

BIBLIOGRAPHIE

AGOSIN E. and ODIER E., 1984 — Solid state fermentation, lignin degradation and *in vitro* digestibility of wheat straw fermented by selected white-rot fungi. A paraître dans *Appl. Microbiol. Biotechnol.*

BELL M.K., 1974 — Decomposition of herbaceous litter. *In* : C.H. DICKINSON & G.J. PUGH, *Biology of plant litter decomposition*, N.Y. & London, Academic Press, 1 : 37-67.

CAILLEUX R., 1973 — Mycoflore du compost destiné à la culture du champignon de couche. *Rev. Mycol.* 37 : 14-35.

CASSINI R., 1967 — A propos des dégâts provoqués par *Fusarium graminearum* (Link) Sn. et H. dans les cultures de céréales du Bassin Parisien. *Compt. Rend. Séances Acad. Agric. France* 53 : 858-867.

CHANG Y. and HUDSON H.J., 1967 — The fungi of wheat straw compost. I. Ecological studies. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 50 : 649-666.

COLLINS M.A., 1976 — Colonisation of leaves by phylloplane saprophytes and their interactions in this environment. *In* : C.H. DICKINSON & T.F. PREECE, *Microbiology of aerial plant surfaces*, London, N. Y. & San Francisco, Academic press : 401-418.

COOK R.J. and BRUEHL G.W., 1968 — Relative significance of parasitism versus saprophytism in colonization of wheat straw by *Fusarium roseum «culmorum»* in the field. *Phytopathology* 58 : 306-308.

COOKE R.J., 1970 — Factors affecting saprophytic colonization of wheat straw by *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis «culmorum»*. *Phytopathology* 60 : 1672-1676.

COONEY D.G. and EMERSON R., 1964 — *Thermophilic fungi.* San Francisco, W.H. FREEMAN Pub. Co, 188 p.

DICKINSON C.H., 1973 — Effect of ethirimol and zineb on phylloplane microflora of barley. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 60 : 423-431.

DICKINSON C.H., 1976 — Fungi on the aerial surfaces of higher plants. *In* : C.H. DICKINSON & T.F. PREECE, *Microbiology of aerial plant surfaces*, London, N.Y. & San Francisco, Academic press : 293-324.

DICKINSON C.H. and WALLACE B., 1976 — Effect of late applications of foliar fungicides on activity of micro-organisms on winter wheat flag leaves. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 76 : 103-112.

FERGUS C.L., 1964 — Thermophilic and thermotolerant molds and Actinomycetes of mushroom compost during peak heating. *Mycologia* 54 : 267-284.

FLANNIGAN B., 1969 — Microflora of dried barley grain. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 53 : 371-379.

FLANNIGAN B., 1974 — Distribution of seed-borne micro-organisms in naked barley and wheat before harvest. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 62 : 51-58.

GREGORY P.H., LACEY M.E., FESTENSTEIN G.N. and SKINNER F.A., 1963 — Microbial and biochemical changes during the moulding of hay. *J. Gen. Microbiol.* 33 : 147-174.

HESSELTINE C.W. and BOTHAST R.J., 1977 - Mold development in ears of corn from tasseling to harvest. *Mycologia* 69 : 328-340.

HUDSON H.J. and WEBSTER J., 1958 — Succession of fungi on decaying stems of *Agropyron repens*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 41 : 165-177.

JAMES N., WILSON J. and STARK E., 1946 — The microflora of stored wheat. *Canad. J. Res.* 24 : 224-233.

KIRK T.K., 1971 — Effects of micro-organisms on lignin. *Annual Rev. Phytopathol.* 9 : 185-208.

KIRK T.K. and MOORE W.E., 1972 — Removing lignin from wood with white-rot fungi and digestibility of resulting wood. *Wood & Fiber* 4 : 72-79.

KRAMER C.L., PADY S.M. and ROGERSON C.T., 1960 — Kansas aeromycology. V. *Penicillium* and *Aspergillus*. *Mycologia* 52 : 545-551.

LACEY J., 1975 — Potential hazards to animals and man from micro-organisms in fodders and grain. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 65 : 171-184.

LAST F.T., 1955 — Seasonal influence of *Sporobolomyces* on cereal leaves. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 38 : 221-239.

LE BARS J. and ESCOULA L., 1973 a — Mycoflore des fourrages secs. I. Inventaire et fréquence des espèces. *Ann. Rech. Vétérin.* 4 : 273-282.

LE BARS J. et ESCOULA L., 1974 — Champignons contaminant les fourrages. Aspects toxicologiques. *L'Alimentation et la Vie* 62 : 125-142.

MACHACEK J.E., CHEREWICK W.J. and BROADFOOT W.C., 1951 — A study of some seed-borne diseases of cereals in Canada. II. Kinds of fungi and prevalence of disease in cereal seed. *Sci. Agric.* 31 : 193-206.

McKENZIE E.H.C. and HUDSON H.J., 1976 — Mycoflora of rust-infected and non-infected plant material during decay. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 66 : 223-238.

MISHRA M.M., SINGH C.P. and JAIN M.K., 1979 — Degradation of lignocellulosic material and humus formation by fungi. *Ann. Microbiol.* 130 : 451-486.

MOUBASHER A.H., ABDEL-HAFEZ S.I.I., ABDEL-FATTAH H.M. and MOHARRA A.M., 1982 a — Fungi of wheat and broad-bean straw composts. I. Mesophilic fungi. *Ind. Appl. Microbiol.* 18 : 3781.

MOUBASHER A.H., ABDEL-HAFEZ S.I.I., ABDEL-FATTAH H.M. and MOHARRAM A.M., 1982 b — Fungi of wheat and broad-bean straw composts. II. Thermophilic fungi. *Mycopathologia* 78 : 169-176.

PELHATE J., 1968a — Inventaire de la mycoflore des blés de conservation. *Bull. Soc. Mycol. France* 84 : 127-143.

PELHATE J., 1968 b — Résistance du caryopse de blé à l'envahissement par les moisissures. *Bull. Soc. Bot. France* 115 : 82-129.

PELHATE J., 1979 — Mycoflore séminicole des maïs. I. Contamination avant récolte. *Rev. Mycol.* 43 : 109-129.

PELHATE J., 1981 — Mycoflore séminicole des maïs. II. Conservation en épis. *Cryptogamie. Mycol.* 2 : 61-84.

PELHATE J., 1982 — Microbiologie des grains humides. *In* : Technique et Documentation, *Conservation des grains et graines et produits dérivés*, Paris, Lavoisier : 358-375.

PONCHET J., 1966 — Étude des communautés mycopéricarpiques du caryopse de blé. Thèse, Paris, I.N.R.A. 115 p.

POSADSKAYA M.M., TRUBACHEV I.N. and VEBER M.I., 1976 — (Possibilities of aerobic decomposition of straw in a microbial batch cultivator). Abstr. in *Microbiology Abstracts* 14 (4) 2671 A14.

PUGH C.J.F., 1974 — Terrestrial fungi. *In* : C.H. DICKINSON & G.J.F. PUGH, *Biology of plant litter decomposition*, N.Y., Academic press, II : 303-336.

PUGH C.J.F. and BUCKLEY N.G., 1971 — The leaf surface as a substrate for colonization fungi. *In* : C.H. DICKINSON & T.F. PREECE, *Ecology of leaf surface micro-organisms*, London, Academic press : 431-445.

SAPONARO A. e MADALUNI A.L., 1959 — Ricerche sulla microflora del grano conservato in magazzino. *Boll. Staz. Patol. Veg. Roma*, ser. 3, 17 : 247-266.

SITTON J.W. and COOK R.J., 1981 — Comparative morphology and survival of chlamydospores of *Fusarium roseum «culmorum»* and *«graminearum. Phytopathology* 71 : 85-90.

SPILLANE P.A. and PELHATE J., 1978 — Changes in quality and in microbiological activity during extended storage of high moisture grain. 6th Int. Cereal and Bread Congress, Winnipeg. Abstracts.

TUITE J.G., 1959 — Low incidence of storage molds in freshly harvested seed of soft red winter wheat. *Pl. Dis. Reporter* 43 : 470-471.

TUITE J.F., 1961 — Fungi isolated from unstored corn seed in Indiana in 1956-1958. *Pl. Dis. Reporter* 45 : 212-215.

WALLACE H.A.H., 1973 — Fungi and other organisms associated with stored grains. *In* : R.N. SINHA & W.E. MUIR, *Grain storage : part of a system*, Wesport, Avi Publ. Cy : 71-98.

WANI S.P. and SHINDE P.A., 1980 — Studies on biological decomposition of wheat straw. IV. Incorporation of wheat straw and its microbial decomposers on yields of groundnut followed by wheat. *Ind. Appl. Microbiol.* 16 : 1411-1981.

WEBSTER J., 1956 — Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. Part I. *J. Ecol.* 44 : 517-544.

WEBSTER J., 1957 — Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. Part II. *J. Ecol.* 45 : 1-30.

ZADRAZIL F., 1977 — The conversion of straw into feed by Basidiomycetes. *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 4 : 273-281.